



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

COLOMBIA

Programa BIOREDD+

ENTREGABLE 7: EVALUACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN EN ÁREAS DEL PROYECTO

Número de Subcontrato: EEP-I-00-06-00013-00-GEM-00

Nombre: GeoEcoMap Inc.

Julio de 2013

Este documento fue producido para revisión por la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Fue elaborado por GeoEcoMap Inc. para el Proyecto BIOREDD+ Project, número de tarea AID-514-TO-11-00002.

I. Descripción de la Tarea 7

La Evaluación de la Línea Base se enfocará en territorios colectivos y nodos en el Pacífico donde se desarrollarán proyectos REDD+ bajo BIODREDD+ y entregará información detallada acerca de cambios históricos en la cubierta forestal. Se usarán datos ALOSPALSAR multi-estacionales (mínimo 2 estaciones al año) durante la vida de ALOS-PALSAR (2007-2011) y datos históricos como imágenes JERS (1992-1998), datos Landsat (1980-al presente) y datos GeoSAR (2005) para rastrear y cuantificar la deforestación y degradación en las áreas bajo estudio. El objetivo consiste en desarrollar una metodología para rastrear y cuantificar cambios en la cobertura forestal. El producto total incluirá distribuciones espaciales e información estadística sobre las actividades dentro de cada región de estudio como el área de conversión de tierras, la tasa de pérdida forestal, y el tipo de actividad (bosque a pastizales, cultivos, abandono para recrecimiento, etc.). La validación de los resultados se realizará en conjunto con los expertos en campo que adquieren inventario forestal y datos socioeconómicos sobre la gestión de tierras y las conversiones. El subcontratista utilizará datos aéreos de LiDAR e imágenes ópticas para mejorar y verificar los productos a lo largo de las áreas de estudio. Los entregables incluyen: 1. Mapa detallado del cambio en la cobertura terrestre a 0.25-1.0 Ha documentando la tasa histórica de deforestación y degradación en las áreas del proyecto BioREDD+. 2. Información estadística sobre áreas, tasas de cambio, y tipos de cambio sobre las áreas del proyecto. 3. Evaluación de incertidumbre de los cambios históricos con base en datos de cambio y otros auxiliares.

II. Antecedentes

Los potenciales activos de carbono que podrían ser generados por los proyectos REDD+ del sector voluntario que se desarrollarán a través del proyecto BioREDD+ dependen de dos factores: sus inventarios de carbono a la fecha de inicio del proyecto, y el nivel de referencia, es decir, la tasa de pérdida de estos inventarios que se esperaría sin el proyecto. Los informes anteriores se han concentrado en estimar los inventarios de carbono existentes, mientras que este informe cambia de foco para concentrarse en estimados de los niveles históricos de emisiones, usando imágenes de detección remota generadas desde mediados de la década de 1980 hasta 2011.

En el Informe 6 se usaron datos GeoSAR y ALOS PALSAR para realizar una clasificación de la cubierta vegetal de la Región de la Costa Pacífica Colombiana. Sin embargo, desafortunadamente los datos GeoSAR solo están disponibles para un punto en el tiempo y no se han recolectado datos comparables antes o después, y así no podemos usar GeoSAR para mapear los cambios de cubierta vegetal. Esto es desafortunado pues la interferometría multibanda y la alta resolución de GeoSAR hacen que sea la herramienta ideal para caracterizar diferentes tipos de vegetación y detectar cambios por debajo de la cubierta en la estructura forestal en áreas amplias. Sin embargo, se han adquirido datos

de otros dos satélites con radar y sensores ópticos que, en combinación, proveen información útil acerca de las tasas actuales e históricas de deforestación y degradación de este paisaje:

- 1) ALOS PALSAR es un sensor satelital de radar de banda-L que recolectó datos desde enero del 2007 hasta marzo de 2011. Los datos de radar de longitud de onda larga y de polarización cruzada que suministra, ofrecen información acerca de la estructura vegetal y pueden así diferenciar entre tierra intacta, degradada y deforestada. Los datos de radar tienen la ventaja adicional de que no son afectados por las nubes. Hemos adquirido y procesado mosaicos de imágenes a lo largo de toda la costa Pacífica a una resolución de 50 m de 2007 y 2010.
- 2) JERS-1 es la versión anterior del Satélite Earth Resources, de la Agencia Espacial Japonesa con un sensor de radar de apertura sintética (SAR, en inglés) en banda-L (1.25 GHz) y polarización HH, que recolecta datos globalmente a la misma frecuencia que ALOS pero en solo un canal y una resolución espacial similar. JERS-1 se lanzó en 1992, recolectó datos operacionales durante 6 años y terminó su misión en octubre de 1998. Hemos usado datos JERS-1 recolectados como parte del proyecto de mapeo forestal global de selvas tropicales (GRFM, en inglés) para combinar con otros datos y capturar cambios en la cubierta forestal anteriores al año 2000.
- 3) El conjunto de datos Landsat es un registro único de la cubierta vegetal terrestre de la Tierra desde un conjunto de 7 satélites que han provisto imágenes ópticas consistentes desde 1973 hasta la actualidad. Aunque las imágenes Landsat solo proveen información acerca de la parte superior de la cubierta, su resolución relativamente alta (30 m de Landsat 4 en adelante) permite una discriminación sencilla entre clases forestales y no forestales, y cierta discriminación de bosques degradados. Desafortunadamente, debido a fallas de Landsat 5 y una avería con Landsat 7, no ha habido datos útiles para estos fines desde 2012 y en adelante. La recopilación de datos se dificulta aun más por las nubes, que son persistentes en esta región, y una escasez de datos desde mediados de la década de 1990. Hemos podido crear mosaicos comparativamente libres de nubes de 1986, 1999 y 2011, y usaremos estos para proveer una visión a más largo plazo de los cambios en la cubierta vegetal en la región.

III. Definiciones

El enfoque principal de este informe es la detección de la *deforestación* que se define como un evento de cambio en la cubierta vegetal donde un área de tierra de al menos una hectárea cambia de bosque a no-bosque entre períodos de tiempo (GOFC-GOLD, 2012), y *degradación*, donde se retiran árboles de un área de bosque que sigue siendo bosque. Para poder utilizar cualquiera de estos términos, es importante tener una definición de la palabra bosque misma. En Colombia, un bosque se define como un área de tierra arbolada:

- Con una extensión igual o superior a una hectárea
- Que tenga una cubierta vegetal de más del 30%
- Que contenga árboles cuya estatura supere los 5 m

Bajo los estándares VCS y CCB es posible que los proyectos hagan su propia definición de bosque distinta a la definición nacional, pero no tenemos indicación de que esto vaya a ocurrir en este proyecto, entonces usamos esta definición de bosque para los fines de este informe.

IV. Clasificación de Radar 2010

Los datos PALSAR 2010 se clasificaron en conjunto con capas del IDEAM para producir una clasificación altamente precisa de 16 clases para el año 2010. Aunque esta clasificación no puede ser usada para dar la tasa de deforestación y degradación, puede usarse para producir un estimado del área de la tierra previamente deforestada y degradada en todos los nodos del Proyecto BIODDED+ y el porcentaje de la cubierta forestal existente que se encuentra degradada o deforestada. Algunos detalles del procedimiento involucrado en la producción de esta capa se describen en el Reporte 6.

Para poder utilizar esta capa detallada para este fin necesitamos una clase designada 'bosque intacto' que cumpla la definición del numeral III anterior, y así definimos una nueva clase, 'Bosque Intacto', como la suma de las áreas de las clases designadas 'Bosque Denso', 'Bosque Abierto' y 'Manglar'. Luego combinamos esta clase de bosque intacto con las clases 'Deforestado' y 'Degradado'.

Los resultados se resumen en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1 – Área de tierra intacta, degradada y deforestada en cada área de BIODDED+

Nodo del proyecto	Área BioREDD+	Área bosque intacto 2010	Área deforestada 2010 (ha)	Área degradada 2010 (ha)	Otros tipos de cubierta vegetal 2010 (ha)	Área total (ha)
Urabá Darién	Apartadó Buenavista	12,294.4	91.7	0.0	6,451.7	18,837.8
Urabá Darién	Chicao	13,451.2	136.5	12.8	2,326.0	15,926.6
Urabá Darién	Chontadural Cañero	8,409.9	174.3	302.6	231.2	9,118.0
Urabá Darién	Jaikerazavi (Abibe Mutata)	29,691.7	3,117.4	1,581.2	928.8	35,319.2
Urabá Darién	La Madre	1,623.5	12.5	0.0	7,461.9	9,097.9
Urabá Darién	Los Ríos La Larga Y Tumaradó	8,378.0	212.2	1,393.8	100,177.8	110,161.8
Urabá Darién	Pedeguita Y Mancilla	5,934.0	34.5	531.5	43,112.0	49,612.0
Urabá Darién	Polines	1,627.5	108.5	144.8	683.2	2,564.1
Urabá Darién	Río Montaña	787.9	0.6	0.0	24,027.4	24,815.9
Urabá Darién	Vígia De Curvaradó Y Santa Rosa Limón	3,184.0	7.2	433.0	30,524.7	34,148.8
Urabá Darién	Yaberaradó (Abibe Chigorodó)	8,824.3	472.8	136.0	2,323.3	11,756.3
Urabá Darién	Total	94,206.4	4,368.2	4,535.7	218,248.1	321,358.4
Chocó Sur	Bajo Grande	1,118.5	2.0	345.8	970.1	2,436.5
Chocó Sur	Bellavista Y Unión Pitalito Río Siguiri Sua---Docampado	24,814.9	458.5	3,126.6	796.8	29,196.9
Chocó Sur	La Costa --- Concosta	36,763.0	7.6	7,626.6	25,055.1	69,452.4
Chocó Sur	Mayor Del Cantón San Pablo "Acisanp"	32,625.5	515.4	2,020.5	1,477.7	36,639.1
Chocó Sur	Ordo Siviru Aguaclara	2,454.4	0.0	48.6	0.0	2,503.0
Chocó Sur	Pizarro	2,824.8	0.0	1,378.2	2,914.1	7,117.1
Chocó Sur	Río Baudó Acaba	94,789.9	1,338.5	37,530.4	41,395.8	175,054.6
Chocó Sur	Río Pepe	6,314.6	50.0	1,622.1	383.6	8,370.3
Chocó Sur	Río Pilizá	11,067.0	0.0	1,284.1	5,969.3	18,320.4
Chocó Sur	San Andrés Usaragá	7,288.9	0.0	2,336.7	2,853.0	12,478.6
Chocó Sur	Santa Rosa De Ijua	6,806.7	0.0	806.3	136.2	7,749.3
Chocó Sur	Sivirú	12,680.4	0.0	1,913.2	6,806.0	21,399.6
Chocó Sur	Total	239,548.6	2,372.1	60,039.2	88,757.8	390,717.7
Buenaventura	Bahía Málaga ---La Plata	6,120.6	47.8	19.3	1,707.1	7,894.8
Buenaventura	Río Cajambre	50,571.3	460.4	5,685.7	17,907.3	74,624.6
Buenaventura	Río Calima	45,763.2	1,853.2	2,683.7	16,891.2	67,191.3
Buenaventura	Río Yurumanguí	38,130.6	100.6	3,765.8	11,041.6	53,038.6
Buenaventura	Total	140,585.7	2,462.1	12,154.5	47,547.1	202,749.4
Tumaco	Acapa	19,400.8	451.6	9,017.3	54,295.6	83,165.3
Tumaco	Bajo Mira Y Frontera	423.8	0.8	3,986.3	43,093.4	47,504.2
Tumaco	Total	19,824.6	452.4	13,003.6	97,388.9	130,669.6

Tabla 2 – Porcentaje de tierra intacta, degradada y deforestada en cada área de BioREDD+

Nodo Proyecto	Área BioREDD+	Porcentaje bosque intacto 2010	Porcentaje Deforestado 2010	Porcentaje Degradado 2010	Porcentaje otra cubierta vegetal 2010	Área total (ha)
Urabá Darién	Apartadó Buenavista	65.3%	0.5%	0.0%	34.2%	18,837.8
Urabá Darién	Chicao	84.5%	0.9%	0.1%	14.6%	15,926.6
Urabá Darién	Chontadural Cañero	92.2%	1.9%	3.3%	2.5%	9,118.0
Urabá Darién	Jaikerazavi (Abibe Mutata)	84.1%	8.8%	4.5%	2.6%	35,319.2
Urabá Darién	La Madre	17.8%	0.1%	0.0%	82.0%	9,097.9
Urabá Darién	Los Ríos La Larga Y Tumaradó	7.6%	0.2%	1.3%	90.9%	110,161.8
Urabá Darién	Pedeguita Y Mancilla	12.0%	0.1%	1.1%	86.9%	49,612.0
Urabá Darién	Polines	63.5%	4.2%	5.6%	26.6%	2,564.1
Urabá Darién	Río Montañó	3.2%	0.0%	0.0%	96.8%	24,815.9
Urabá Darién	Vígia De Curvaradó Y Santa Rosa Limón	9.3%	0.0%	1.3%	89.4%	34,148.8
Urabá Darién	Yaberaradó (Abibe Chigorodó)	75.1%	4.0%	1.2%	19.8%	11,756.3
Urabá Darién	Total	29.3%	1.4%	1.4%	67.9%	321,358.4
Chocó Sur	Bajo Grande	45.9%	0.1%	14.2%	39.8%	2,436.5
Chocó Sur	Bellavista Y Unión Pitalito Río Siguiri Sua---Docampado	85.0%	1.6%	10.7%	2.7%	29,196.9
Chocó Sur	La Costa --- Concosta	52.9%	0.0%	11.0%	36.1%	69,452.4
Chocó Sur	Mayor Del Cantón San Pablo "Acisanp"	89.0%	1.4%	5.5%	4.0%	36,639.1
Chocó Sur	Ordo Siviru Aguaclara	98.1%	0.0%	1.9%	0.0%	2,503.0
Chocó Sur	Pizarro	39.7%	0.0%	19.4%	40.9%	7,117.1
Chocó Sur	Río Baudó Acaba	54.1%	0.8%	21.4%	23.6%	175,054.6
Chocó Sur	Río Pepe	75.4%	0.6%	19.4%	4.6%	8,370.3
Chocó Sur	Río Pilizá	60.4%	0.0%	7.0%	32.6%	18,320.4
Chocó Sur	San Andrés Usaragá	58.4%	0.0%	18.7%	22.9%	12,478.6
Chocó Sur	Santa Rosa De Ijua	87.8%	0.0%	10.4%	1.8%	7,749.3
Chocó Sur	Sivirú	59.3%	0.0%	8.9%	31.8%	21,399.6
Chocó Sur	Total	61.3%	0.6%	15.4%	22.7%	390,717.7
Buenaventura	Bahía Málaga ---La Plata	77.5%	0.6%	0.2%	21.6%	7,894.8
Buenaventura	Río Cajambre	67.8%	0.6%	7.6%	24.0%	74,624.6
Buenaventura	Río Calima	68.1%	2.8%	4.0%	25.1%	67,191.3
Buenaventura	Río Yurumanguí	71.9%	0.2%	7.1%	20.8%	53,038.6
Buenaventura	Total	69.3%	1.2%	6.0%	23.5%	202,749.4
Tumaco	Acapa	23.3%	0.5%	10.8%	65.3%	83,165.3
Tumaco	Bajo Mira Y Frontera	0.9%	0.0%	8.4%	90.7%	47,504.2
Tumaco	Total	15.2%	0.3%	10.0%	74.5%	130,669.6

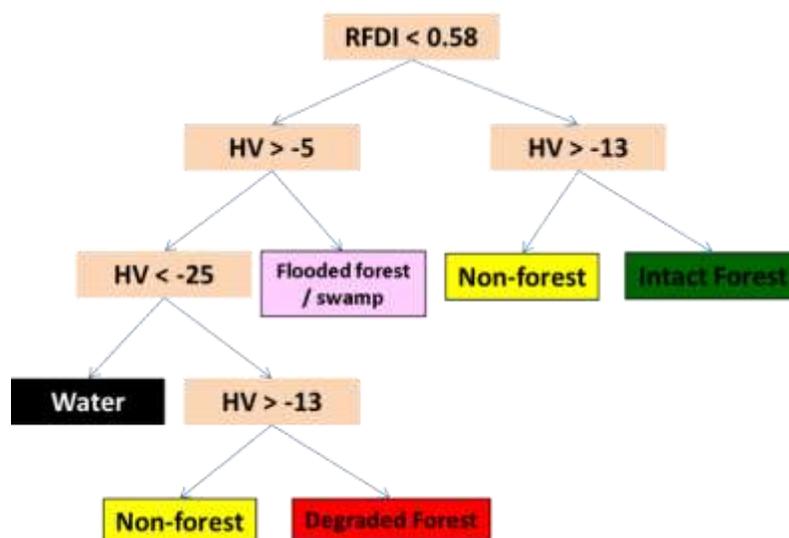
V. Metodología de detección de cambio por radar

Los resultados presentados en la Sección IV dan una imagen precisa del estado de la tierra en el 2010, el último año para el cual tenemos datos PALSAR. Sin embargo, de esta clasificación única del 2010, no conocemos la fecha en que se despejó la tierra deforestada y degradada observada. Por tanto usamos una metodología distinta para investigar las tasas de cambio, que son importantes para configurar una tasa de línea base para la deforestación y la degradación.

JAXA proveyó mosaicos ALOS PALSAR a una resolución de 50 m para 2007 y 2010, y estos se georeferenciaron y corrigieron para el terreno hasta un alto grado de precisión. Como la misma cadena de sensores y de procesamiento se usaron para ambos mosaicos, las dos imágenes se superpusieron de manera precisa. Hay algunos problemas con artefactos del terreno con las capas que cubren las pendientes muy pronunciadas de los Andes, pero no había efectos de terreno aparentes en los grupos de BioREDD+, que son, por lo general, áreas planas o con elevaciones moderadas.

Se usaron dos clasificaciones existentes con grandes cantidades de clases – la clasificación descrita en la Sección IV anterior y la del Mapa Corine de Cubierta Vegetal producida por el IDEAM – para proveer información de línea base sobre la ubicación de bosques intactos, degradados e inundados en el área. Luego se intentó replicar las clases usando el mosaico ALOS PALSAR mediante una metodología consistente, replicable, para que pudiera haber confianza de asignársele la misma clase a la misma estructura vegetal en ambos períodos de tiempo.

Para lograr esto, se usó una metodología de Árbol de Decisión para separar 5 clases, del cual podría garantizarse que produciría los mismos resultados sobre ambos mosaicos: bosque intacto, bosque degradado, pantanos y agua. Estos se diferenciaron usando una combinación de retroreflexión HH y HV (polarización igual y cruzada) y su diferencia relacionada, el Índice de Degradación Forestal por Radar (RFDI, Saatchi & Mitchard, en revisión). HV se utilizó para separar el bosque del no bosque con un umbral de -13 dB, RFDI para diferenciar bosque degradado de bosque intacto con un umbral de 0.58, y HH se usó para diferenciar entre pantanos y bosque degradado, donde el pantano tenía un HH superior a -5 dB. El Árbol de Decisión se muestra a continuación:



Este mismo Árbol de Decisión se aplicó a los mosaicos PALSAR de 2007 y 2010, y los mapas resultantes de la cubierta vegetal se compararon para obtener las tasas de deforestación y degradación para los nodos del proyecto y las áreas individuales del proyecto.

También se hizo el intento de clasificar un mosaico de datos JERS-1 desde 1995.

Desafortunadamente, por asuntos no corregidos con el terreno, la falta de información de polarización cruzada (JERS-1 era únicamente HH), y problemas de calibración que llevaban a juntas en los mosaicos, no fue posible producir un mapa similar desde los datos JERS-1 hasta un nivel suficiente de precisión. Se hicieron intentos de producir un mapa más sencillo de bosques/no bosques con los mismos datos, lo cual hubiera permitido deducir una tasa de deforestación. Sin embargo, los problemas de terreno y geo-ubicación hicieron que incluso esto fuera imposible con un grado de precisión suficiente: la verificación con Landsat y otras fuentes sugirieron que la mayoría de los cambios detectados se relacionaban con artefactos en los datos JERS-1, y no con una deforestación real. Por tanto, solo pudimos producir resultados de detección de cambios para los datos PALSAR de 2007 y 2010.

V. Resultados ALOS PALSAR – deforestación y degradación de 2007-2010

Los mapas resultantes muestran áreas de bosque intacto en 2010, otra vegetación natural en 2010, agricultura en 2010, y áreas que sufrieron deforestación o degradación entre 2007 y 2010. Las tasas de deforestación y degradación eran, en general, pequeñas pero significativas, y se encontró al menos alguna degradación en este período en todas las regiones de BioREDD+. Los resultados aparecen en las Figuras 1-5, las áreas absolutas de deforestación y degradación se dan en la Tabla 3, y las tasas de deforestación y degradación se dan en la Tabla 4.

Se dan dos tipos de tasas en la Tabla 4 – en uno el área de deforestación se divide por el área total de la región para dar una tasa porcentual de la deforestación y degradación por años; en el otro el área de deforestación y degradación se divide por el área de bosque intacto que se supone existe en 2007 (calculado sumando el área de bosques intactos en 2010 con el área de la tierra deforestada y degradada entre 2007 y 2010). La segunda tasa es la más apropiada para regiones con un alto nivel de cubierta vegetal, y es lo requerido por la mayoría de las metodologías VCS para el cálculo de las tasas de línea base; sin embargo, en áreas con una baja cobertura vegetal intacta, debido a la prevalencia de otros tipos de vegetación no forestales, p.ej. la región de Tumaco, el primer cálculo podría dar una indicación más precisa de la velocidad de los procesos que ocurren en tierra.

Tabla 3 – Área deforestada de 2007 - 2010

Nodo proyecto	Área BioREDD+	Área total del polígono (ha)	Área de bosque intacto 2010 (ha)	Área deforestada de 2007 – 2010 (ha)	Área degradada de 2007---2010 (ha)
Urabá Darién	Apartadó Buenavista	18,837.8	12,294.4	2.0	319.0
Urabá Darién	Chicao	15,926.6	13,451.2	0.0	221.1
Urabá Darién	Chontadural Cañero	9,118.0	8,409.9	4.9	79.1
Urabá Darién	Jaikerazavi (Abibe Mutata)	35,319.2	29,691.7	150.6	1,319.5
Urabá Darién	La Madre	9,097.9	1,623.5	0.0	558.7
Urabá Darién	Los Ríos La Larga Y Tumaradó	110,161.8	8,378.0	843.8	2,784.4
Urabá Darién	Pedeguita Y Mancilla	49,612.0	5,934.0	491.2	1,101.9
Urabá Darién	Polines	2,564.1	1,627.5	58.0	165.0
Urabá Darién	Río Montaña	24,815.9	787.9	0.0	368.9
Urabá Darién	Vígia De Curvaradó Y Santa Rosa Limón	34,148.8	3,184.0	46.6	381.8
Urabá Darién	Yaberaradó (Abibe Chigorodó)	11,756.3	8,824.3	76.2	418.9
Urabá Darién	Total	321,358.4	94,206.4	1,673.3	7,718.4
Chocó Sur	Bajo Grande	2,436.5	1,118.5	2.8	7.9
Chocó Sur	Bellavista Y Unión Pitalito Río Siguiri Sua---Docampado	29,196.9	24,814.9	1.8	270.3
Chocó Sur	La Costa --- Concosta	69,452.4	36,763.0	270.2	500.3
Chocó Sur	Mayor Del Cantón San Pablo "Acisanp"	36,639.1	32,625.5	418.5	255.4
Chocó Sur	Ordo Siviru Aguaclara	2,503.0	2,454.4	0.0	0.0
Chocó Sur	Pizarro	7,117.1	2,824.8	34.3	18.4
Chocó Sur	Río Baudó Acaba	175,054.6	94,789.9	580.8	1,950.5
Chocó Sur	Río Pepe	8,370.3	6,314.6	9.5	50.4
Chocó Sur	Río Pilizá	18,320.4	11,067.0	72.2	13.4
Chocó Sur	San Andrés Usaragá	12,478.6	7,288.9	30.1	5.7
Chocó Sur	Santa Rosa De Ijua	7,749.3	6,806.7	6.4	5.6
Chocó Sur	Sivirú	21,399.6	12,680.4	130.4	28.6
Chocó Sur	Total	390,717.7	239,548.6	1,557.0	3,106.5
Buenaventura	Bahía Málaga ---La Plata	7,894.8	6,120.6	46.2	371.3
Buenaventura	Río Cajambre	74,624.6	50,571.3	147.8	850.8
Buenaventura	Río Calima	67,191.3	45,763.2	317.9	1,463.2
Buenaventura	Río Yurumanguí	53,038.6	38,130.6	144.6	296.9
Buenaventura	Total	202,749.4	140,585.7	656.5	2,982.2
Tumaco	Acapa	83,165.3	19,400.8	335.6	2,990.4
Tumaco	Bajo Mira Y Frontera	47,504.2	423.8	1,345.6	1,082.1
Tumaco	Total	130,669.6	19,824.6	1,681.1	4,072.5

Tabla 4 – Tasas de deforestación de 2007 - 2010

Nodo proyecto	Área BioREDD+	Tasa de deforestación, contra área total (%/yr)	Degradación contra área total (%/yr)	Tasa de deforestación, solo contra área forestal (%/yr)	Tasa de degradación, solo contra área forestal (%/yr)
Urabá Darién	Apartadó Buenavista	0.00%	0.56%	0.01%	0.84%
Urabá Darién	Chicao	0.00%	0.46%	0.00%	0.54%
Urabá Darién	Chontadural Cañero	0.02%	0.29%	0.02%	0.31%
Urabá Darién	Jaikerazavi (Abibe Mutata)	0.14%	1.25%	0.16%	1.41%
Urabá Darién	La Madre	0.00%	2.05%	0.00%	8.53%
Urabá Darién	Los Ríos La Larga Y Tumaradó	0.26%	0.84%	2.34%	7.73%
Urabá Darién	Pedeguita Y Mancilla	0.33%	0.74%	2.18%	4.88%
Urabá Darién	Polines	0.75%	2.14%	1.05%	2.97%
Urabá Darién	Río Montañó	0.00%	0.50%	0.00%	10.63%
Urabá Darién	Vigia De Curvaradó Y Santa Rosa Limón	0.05%	0.37%	0.43%	3.52%
Urabá Darién	Yaberaradó (Abibe Chigorodó)	0.22%	1.19%	0.27%	1.50%
Urabá Darién	Total	0.17%	0.80%	0.54%	2.48%
Chocó Sur	Bajo Grande	0.04%	0.11%	0.08%	0.23%
Chocó Sur	Bellavista Y Unión Pitalito Río Siguiri Sua---Docampado	0.00%	0.31%	0.00%	0.36%
Chocó Sur	La Costa --- Concosta	0.13%	0.24%	0.24%	0.44%
Chocó Sur	Mayor Del Cantón San Pablo "Acisanp"	0.38%	0.23%	0.42%	0.26%
Chocó Sur	Ordo Siviru Aguaclara	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Chocó Sur	Pizarro	0.16%	0.09%	0.40%	0.21%
Chocó Sur	Río Baudó Acaba	0.11%	0.37%	0.20%	0.67%
Chocó Sur	Río Pepe	0.04%	0.20%	0.05%	0.26%
Chocó Sur	Río Pilizá	0.13%	0.02%	0.22%	0.04%
Chocó Sur	San Andrés Usaragá	0.08%	0.02%	0.14%	0.03%
Chocó Sur	Santa Rosa De Ijua	0.03%	0.02%	0.03%	0.03%
Chocó Sur	Sivirú	0.20%	0.04%	0.34%	0.07%
Chocó Sur	Total	0.13%	0.27%	0.21%	0.42%
Buenaventura	Bahía Málaga ---La Plata	0.19%	1.57%	0.24%	1.89%
Buenaventura	Río Cajambre	0.07%	0.38%	0.10%	0.55%
Buenaventura	Río Calima	0.16%	0.73%	0.22%	1.03%
Buenaventura	Río Yurumanguí	0.09%	0.19%	0.12%	0.26%
Buenaventura	Total	0.11%	0.49%	0.15%	0.69%
Tumaco	Acapa	0.13%	1.20%	0.49%	4.39%
Tumaco	Bajo Mira Y Frontera	0.94%	0.76%	15.73%	12.65%
Tumaco	Total	0.43%	1.04%	2.19%	5.31%

Fig. 1 Cubierta vegetal para toda la costa pacífica colombiana, con base en datos ALOS PALSAR, mostrando cubierta vegetal intacta en 2010 y sobrepuesta con áreas de deforestación y degradación de 2007 a 2010.

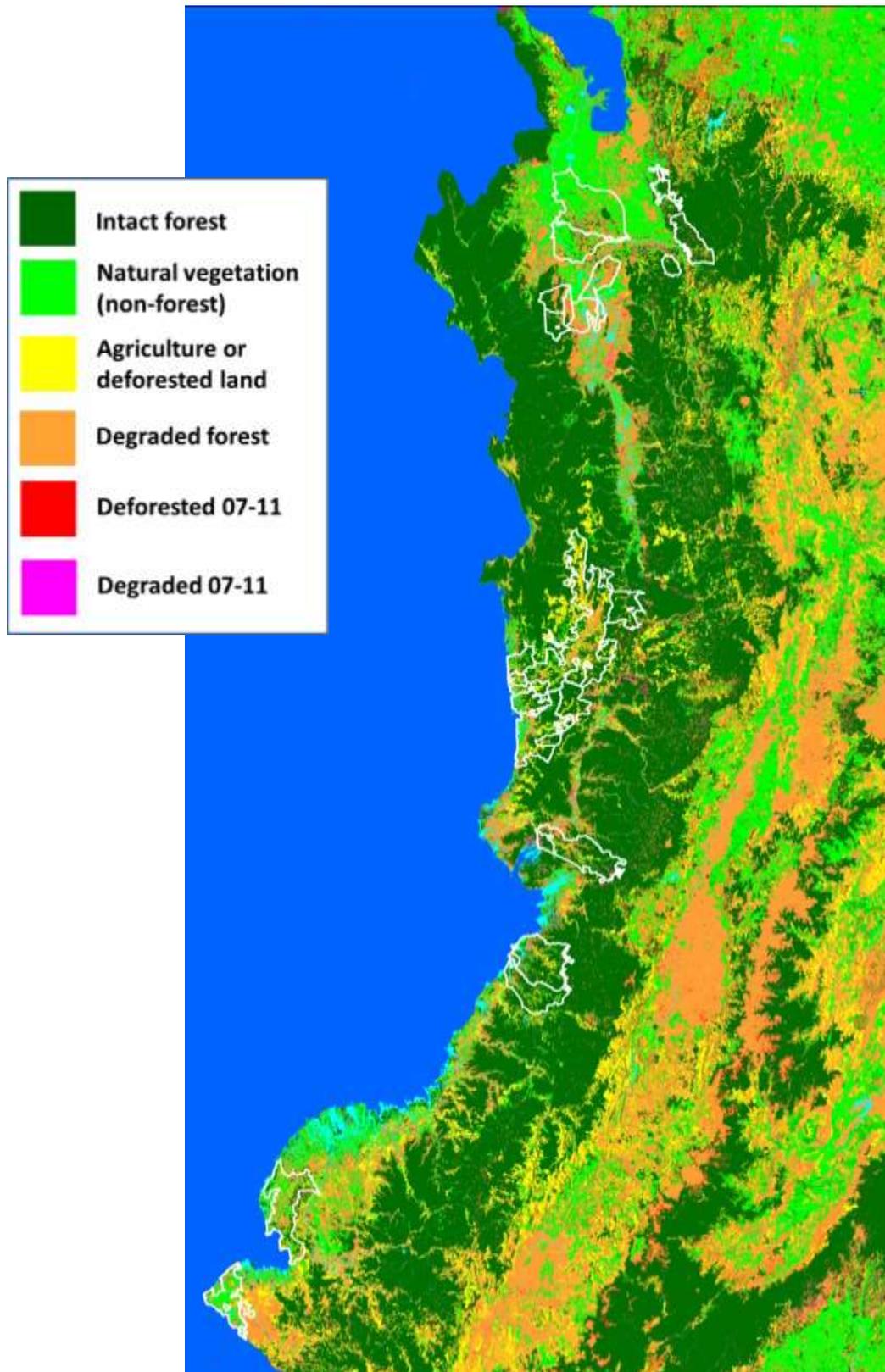


Fig. 2 Cubierta vegetal para la región Darién-Urabá, basada en datos ALOS PALSAR, mostrando una cubierta forestal intacta en 2010 y sobrepuesta con áreas de deforestación y degradación del 2007 al 2010.

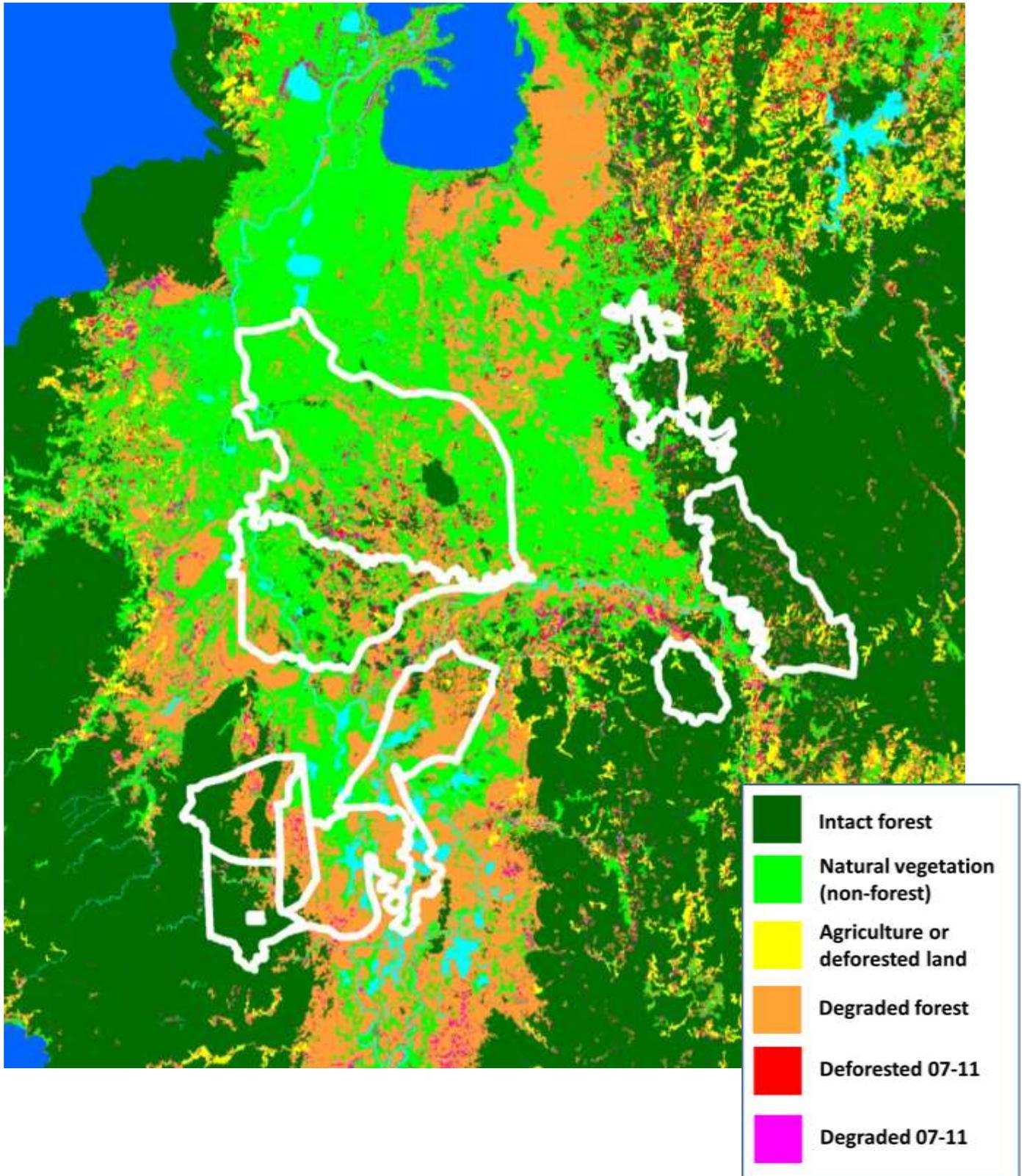


Fig. 3 Cubierta vegetal para la región del Chocó Sur, con base en datos ALOS PALSAR, que muestra la cubierta vegetal intacta en el 2010 y sobrepuesta con áreas de deforestación y degradación de 2007-2010.

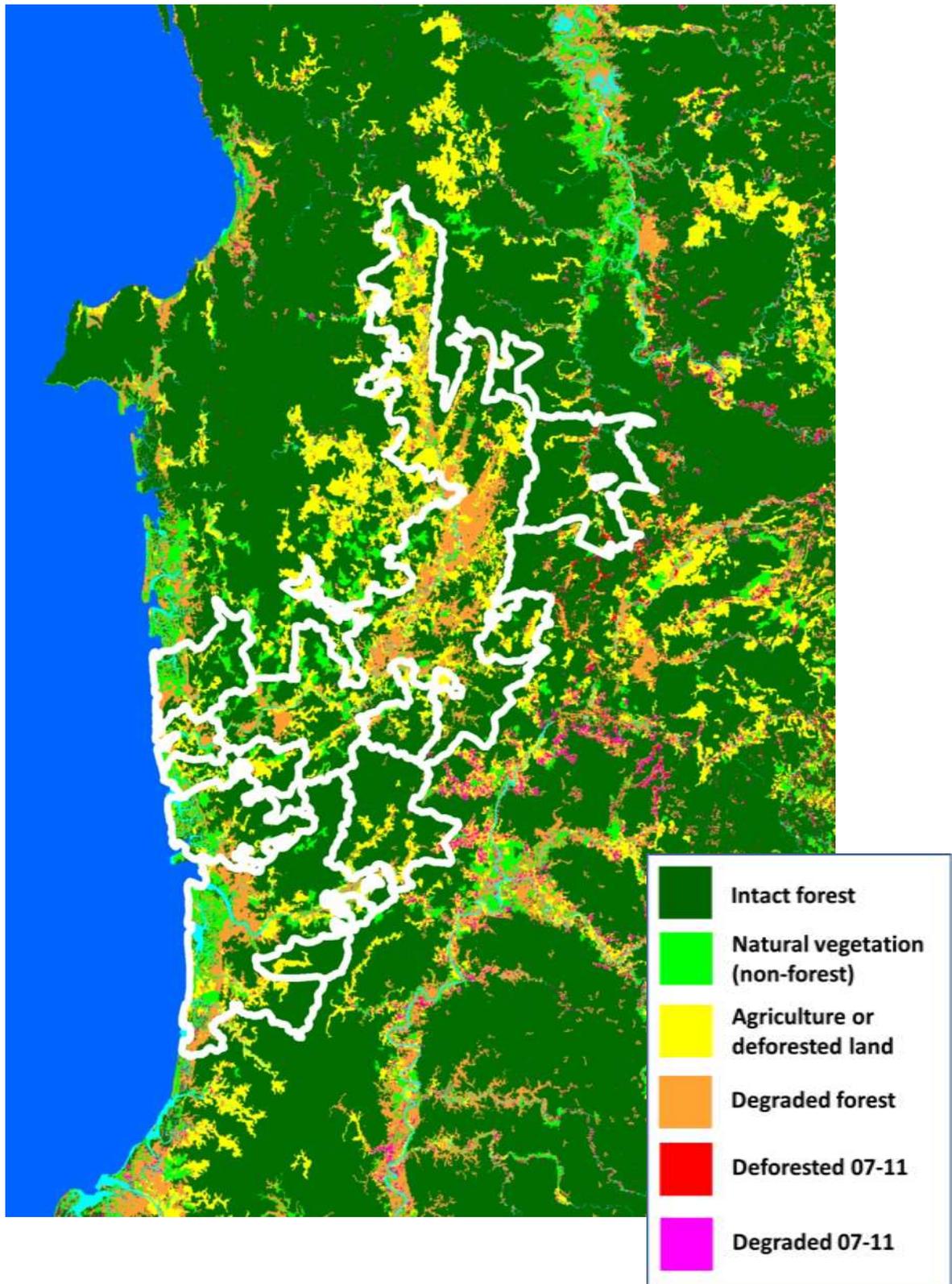


Fig 4. Cubierta vegetal para la región de Buenaventura, con base en datos ALOS PALSAR, que muestran la cubierta forestal intacta en 2010, sobrepuesta con áreas de deforestación y degradación de 2007 a 2010.

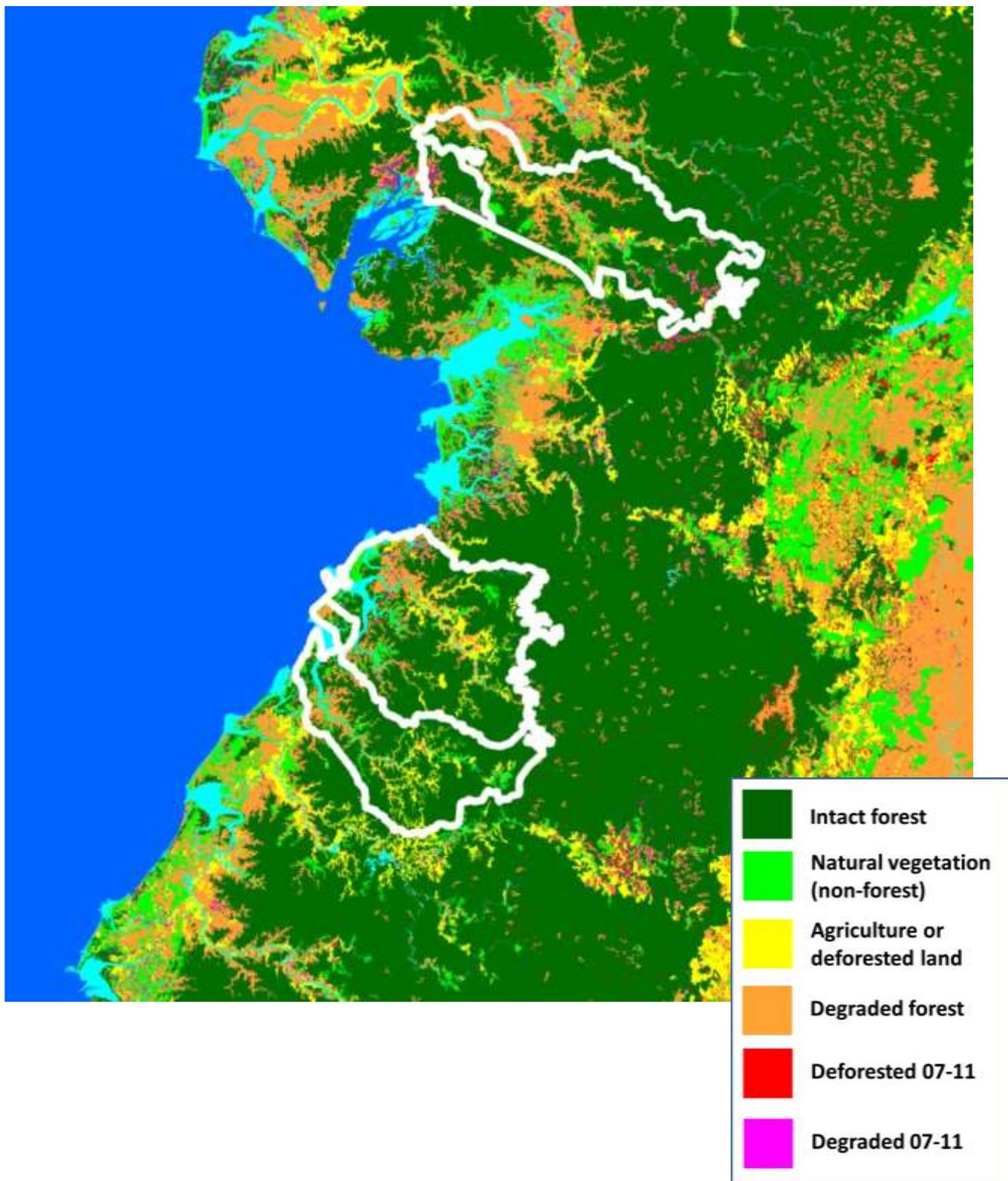
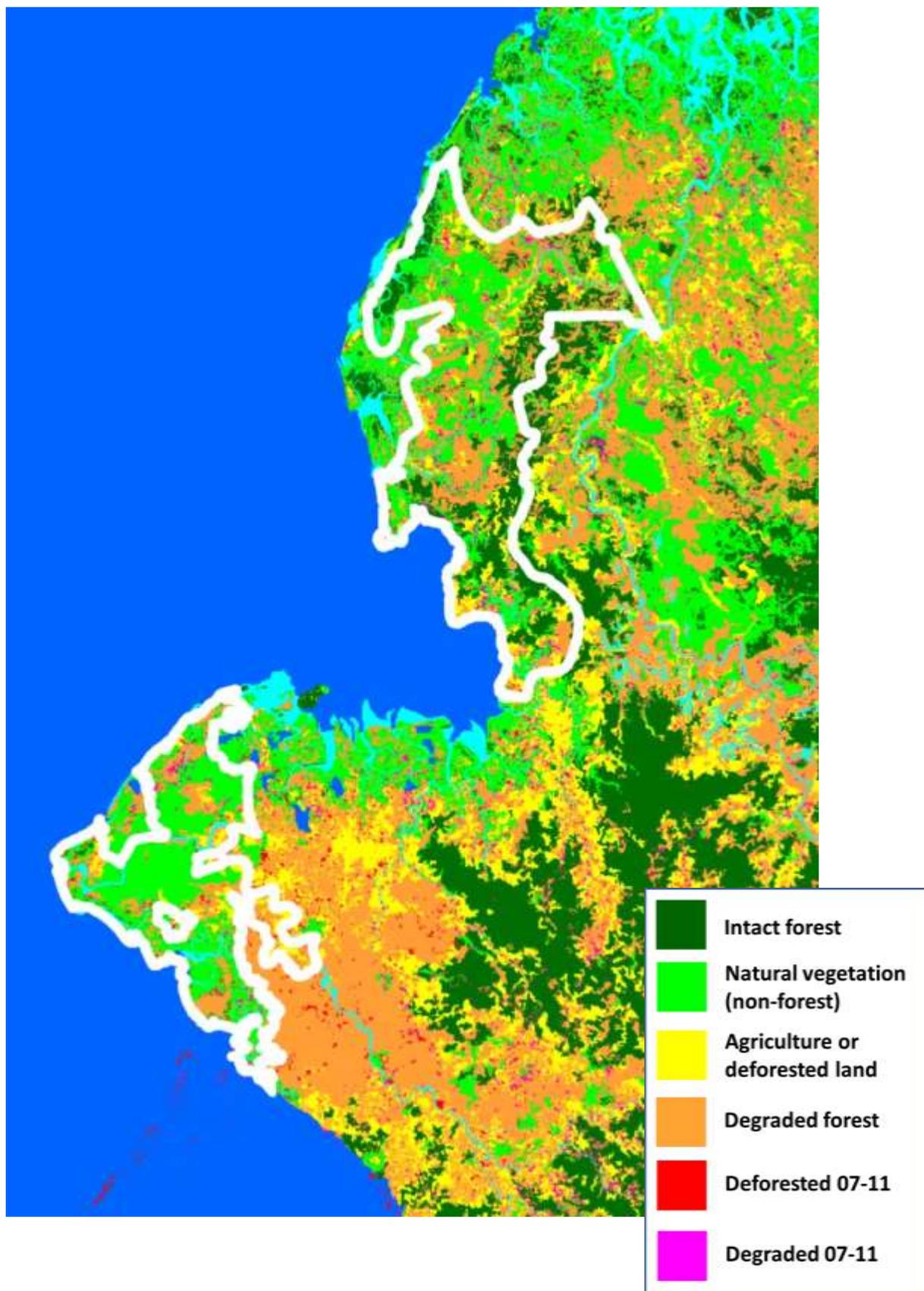


Fig. 5 Cubierta vegetal para la región de Tumaco, con base en datos ALOS PALSAR, que muestran la cubierta forestal intacta en 2010, sobrepuesta con áreas de deforestación y degradación de 2007 a 2010.



VI. Metodología Landsat

En total, se bajaron 84 escenas de Landsat 4, 5 y 7 del United States Geological Survey (USGS), cubriendo el período de 1984-2011. Solo se bajaron escenas de Landsat 7 de 1999 a 2003, pues después de eso Landsat 7 desarrolló una avería que resultó en grandes brechas de datos en las escenas resultantes, haciéndolas inadecuadas para este tipo de análisis; afortunadamente Landsat 5 siguió operando hasta 2012, proveyendo datos continuos.

Se pre-procesaron las escenas para convertir los datos numéricos digitales en bruto en valores de reflectancia del suelo y corregir las variaciones en las condiciones atmosféricas. Un gran número de escenas se rechazaron debido a nubes excesivas o bruma, y las escenas restantes se combinaron para producir mosaicos con la menor cantidad de nubes posibles. Se crearon mosaicos para los tres años con la menor cantidad de nubes: 1986, 1999 y 2011; sin embargo, para poder llenar algunas áreas nubladas, se usaron escenas de 1985 y 1987 para complementar el mosaico de 1986, de 2000 para el mosaico de 1999, y de 2010 para el mosaico de 2011. Los mosaicos siguen presentándose como si fueran de un solo año pues la gran mayoría de los píxeles provienen de dicho año y las comparaciones se están haciendo sobre un período de más de una década. Se cree que esto no afectará significativamente los cambios aquí reportados.

Los mosaicos se dividieron en 5 clases: bosque intacto de biomasa elevada, bosque secundario/degradado/de menor biomasa, no bosque, nubes, y sombra de nubes. Estas clases se eligieron con base en un análisis visual detallado de las imágenes y comparaciones con el Mapa Corine del Ecosistema (IDEAM) e imágenes de Google Earth, para decidir qué clases eran fácil y consistentemente distinguibles usando Landsat. Debe notarse en particular que la clase “Bosque Degradado/Secundario” en Landsat difiere de la clase “Bosque Degradado” antes descrito para PALSAR – como Landsat no puede penetrar la cubierta se pueden distinguir menos clases, y es probable que esta clase en Landsat incluye bosques no intervenidos pero de menor biomasa, como vegetación inundada o bosques enanos. Las clases de bosque intacto y no-forestales vistos por Landsat y PALSAR deben ser comparables fácilmente.

Las clasificaciones se realizaron usando un clasificador de Máquina de Soporte de Vectores, usando al menos quince regiones de entrenamiento elegidas a ojo para cada clase. Todas las clasificaciones tenían precisiones de usuario superiores al 97% cuando fueron comparados contra los datos de entrada, muy superior al 90% normalmente utilizado para probar la aceptabilidad de una clasificación que se usará para un análisis de cambio en el uso de la tierra (GOFC-GOLD, 2012).

Cada mosaico tenía nubes sobre un 30% de su área, y así las comparaciones normales en términos del área total, como se realizaron para PALSAR, no resultan apropiadas aquí. En vez de esto, solo pueden compararse las áreas libres de nubes en pares de mosaicos. Los siguientes análisis se refieren por tanto a dos pares de imágenes: 1986-1999, y 1999-2011. Se creó una máscara para cualquier pixel que estaba en nube o bajo la sombra de una nube. Para retirar los efectos de la bruma, se le aplicó un buffer de 2 píxeles a esta máscara, y la máscara se usó entonces sobre ambas imágenes. Esto proveyó dos conjuntos de imágenes comparativas que pudieron usarse para calcular la tasa de deforestación de 1986 a 1999, y de 1999 a 2011.

VII. Resultados Landsat

A pesar de las limitaciones por las nubes, los datos Landsat proveen una perspectiva a largo plazo de la deforestación.

Los resultados se resumen en la Tabla 5, y se muestran en las Figuras 6-10. Los datos brutos, incluyendo las áreas de bosque secundario y primario, se dan en la tabla complementaria 1.

Tabla 5 – Tasas de deforestación del análisis Landsat

Nodo proyecto	Área BioREDD+	% de imágenes sin nubes en 1986 y 1999	Tasa de deforestación, 1986 a 1999	% de imágenes sin nubes en 1999 y 2011	Tasa de deforestación, 1999 a 2011
Urabá Darién	Apartadó Buenavista	24.8%	0.32%	22.8%	0.08%
Urabá Darién	Chicao	8.7%	0.43%	9.7%	0.01%
Urabá Darién	Chontadural Cañero	0.0%	n/a	33.4%	0.14%
Urabá Darién	Jaikerazavi (Abibe Mutata)	0.3%	0.23%	26.7%	0.20%
Urabá Darién	La Madre	17.5%	0.42%	7.5%	0.16%
Urabá Darién	Los Ríos La Larga Y Tumaradó	16.7%	0.56%	22.7%	2.80%
Urabá Darién	Pedeguita Y Mancilla	10.7%	0.52%	22.4%	1.97%
Urabá Darién	Polines	13.6%	0.14%	20.1%	0.12%
Urabá Darién	Río Montañó	11.6%	0.55%	7.4%	1.82%
Urabá Darién	Vígia De Curvaradó Y Santa Rosa Limón	23.3%	0.29%	22.0%	1.16%
Urabá Darién	Yaberaradó (Abibe Chigorodó)	21.8%	0.19%	23.3%	0.30%
Urabá Darién	Total	14.1%	0.45%	21.1%	1.59%
Chocó Sur	Bajo Grande	5.5%	0.08%	81.9%	0.06%
Chocó Sur	Bellavista Y Unión Pitalito Río Siguiri Sua---Docampado	12.3%	0.14%	61.2%	0.06%
Chocó Sur	La Costa --- Concosta	29.5%	0.14%	74.6%	0.13%
Chocó Sur	Mayor Del Cantón San Pablo "Acisanp"	21.2%	0.58%	30.9%	0.19%
Chocó Sur	Ordo Siviru Aguaclara	24.3%	0.02%	89.5%	0.02%
Chocó Sur	Pizarro	35.0%	0.08%	74.1%	0.07%
Chocó Sur	Río Baudó Acaba	23.8%	0.14%	52.4%	0.12%
Chocó Sur	Río Pepe	29.7%	0.11%	31.7%	0.14%
Chocó Sur	Río Pilizá	26.1%	0.14%	57.5%	0.05%
Chocó Sur	San Andrés Usaragá	34.2%	0.08%	89.1%	0.06%
Chocó Sur	Santa Rosa De Ijua	40.9%	0.15%	83.8%	0.02%
Chocó Sur	Sivirú	27.4%	0.07%	78.9%	0.18%
Chocó Sur	Total	24.9%	0.16%	58.9%	0.12%
Buenaventura	Bahía Málaga ---La Plata	66.5%	0.07%	91.1%	0.05%
Buenaventura	Río Cajambre	48.1%	0.03%	67.3%	0.22%
Buenaventura	Río Calima	79.9%	0.04%	32.1%	0.36%
Buenaventura	Río Yurumanguí	53.0%	0.07%	72.0%	0.04%
Buenaventura	Total	60.6%	0.05%	57.8%	0.18%
Tumaco	Acapa	22.7%	0.14%	30.5%	0.11%
Tumaco	Bajo Mira Y Frontera	38.0%	0.52%	31.8%	0.71%
Tumaco	Total	28.2%	0.32%	31.0%	0.33%

Fig. 6 Cambio de cubierta vegetal en (a) 1986-1999 y (b) 1999-2011 sobre la Costa Pacífica colombiana, con base en datos Landsat.

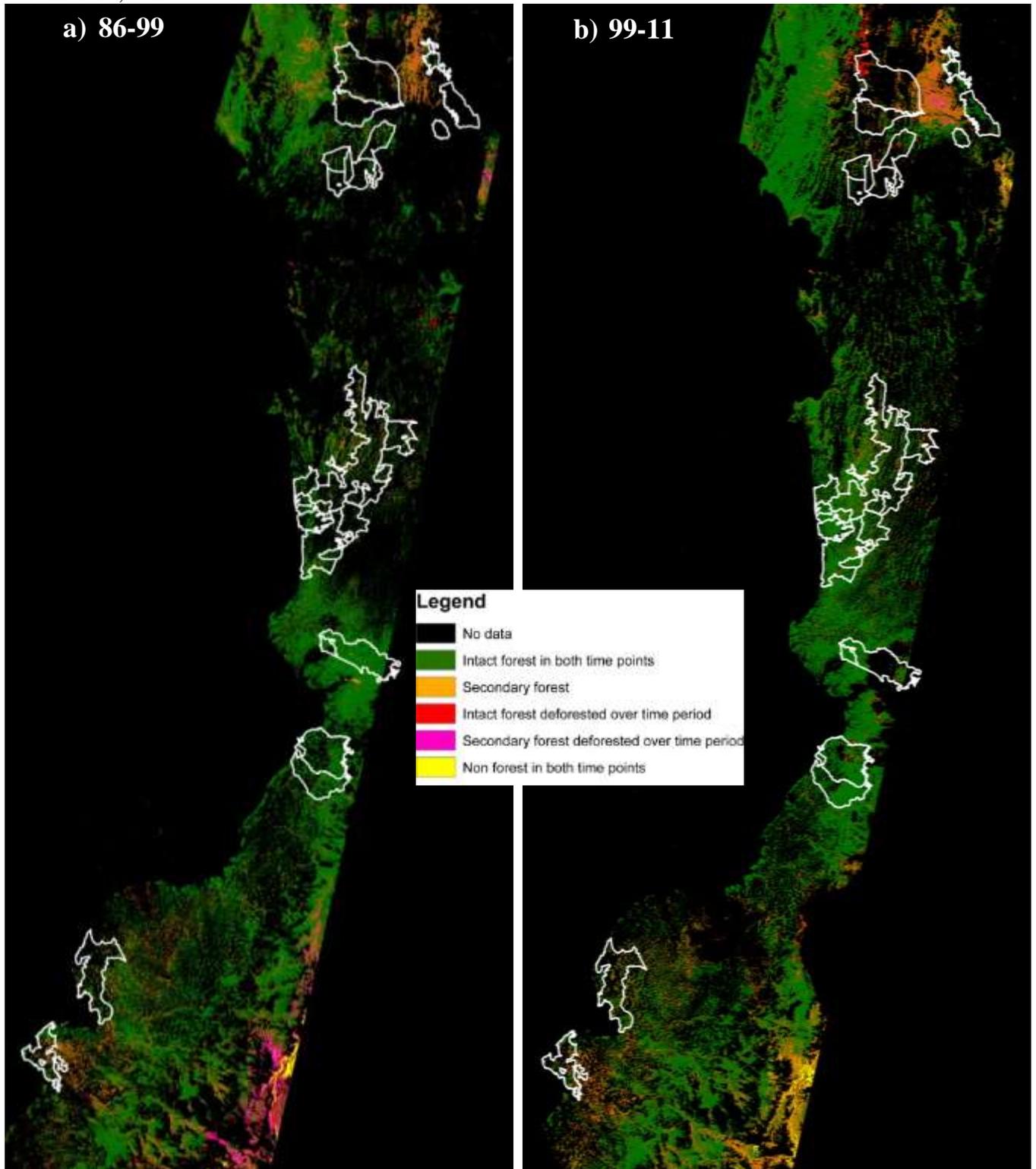
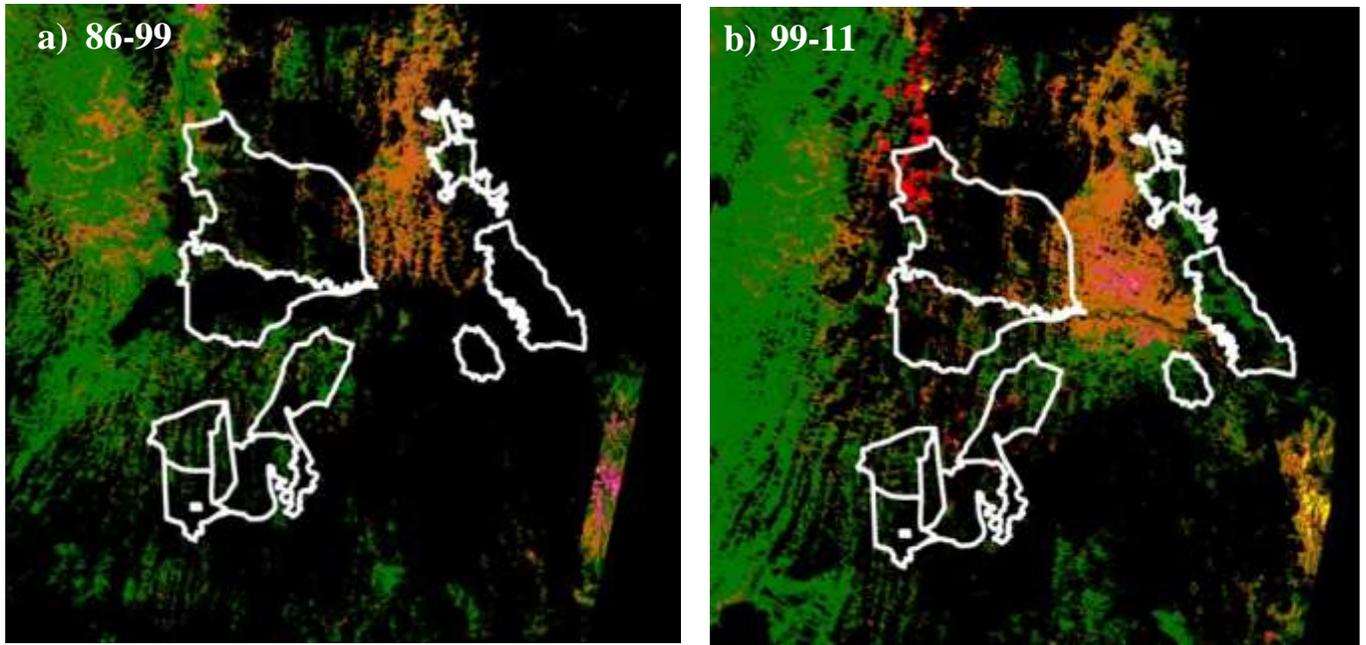


Fig. 7 Cambio de cubierta vegetal en (a) 1986-1999 y (b) 1999-2011 en la región Darién Urabá, con base en datos Landsat.



Legend

-  No data
-  Intact forest in both time points
-  Secondary forest
-  Intact forest deforested over time period
-  Secondary forest deforested over time period
-  Non forest in both time points

Fig. 8 Cambio de cubierta vegetal en (a) 1986-1999 y (b) 1999-2011 en las regiones del Chocó Sur y Buenaventura, con base en datos Landsat

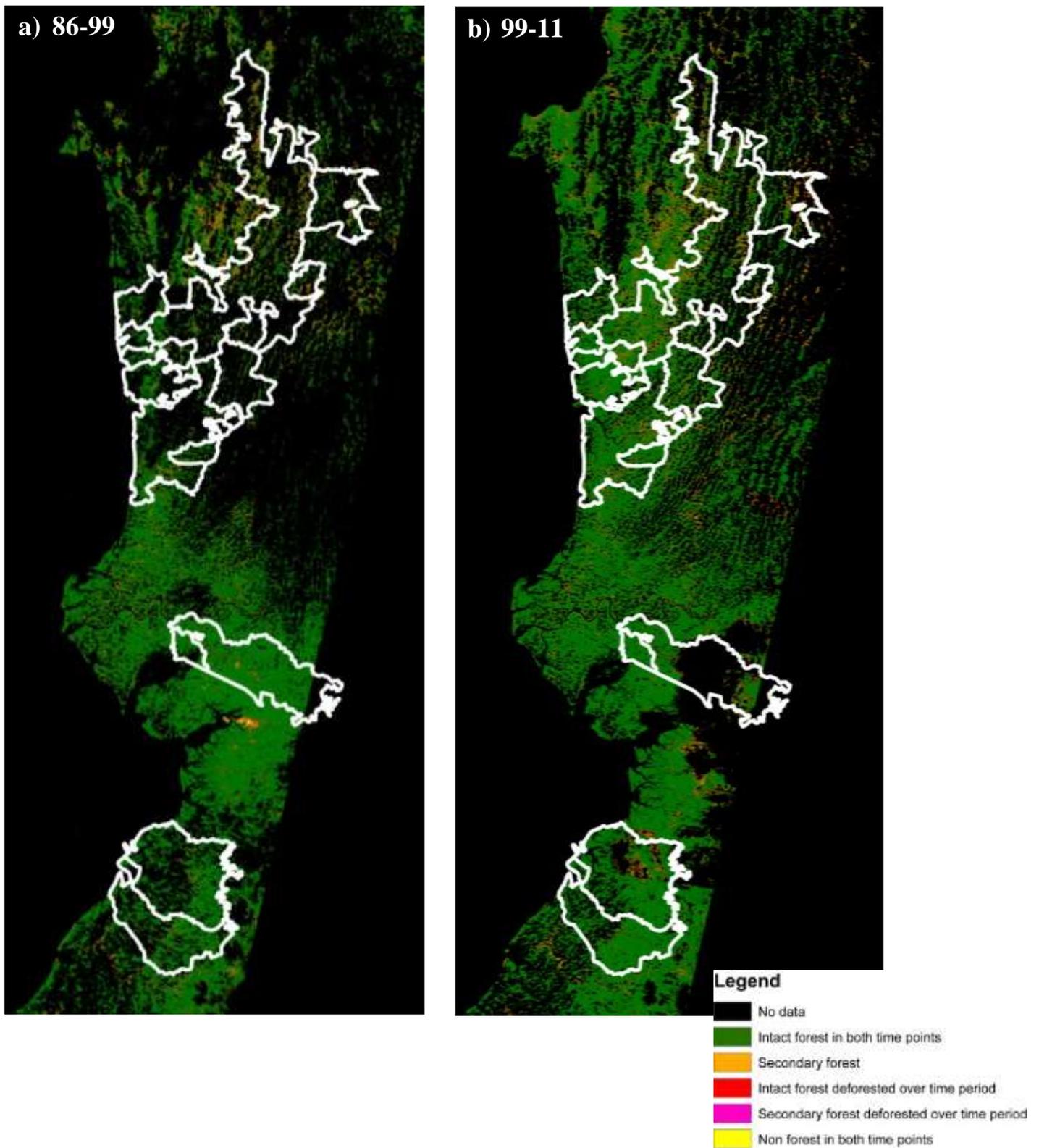
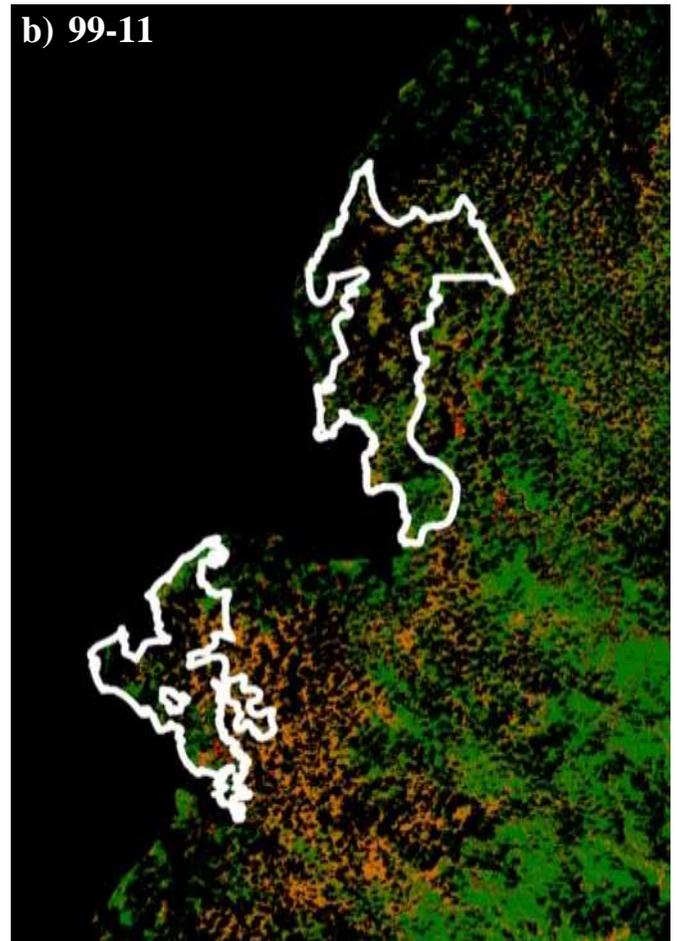
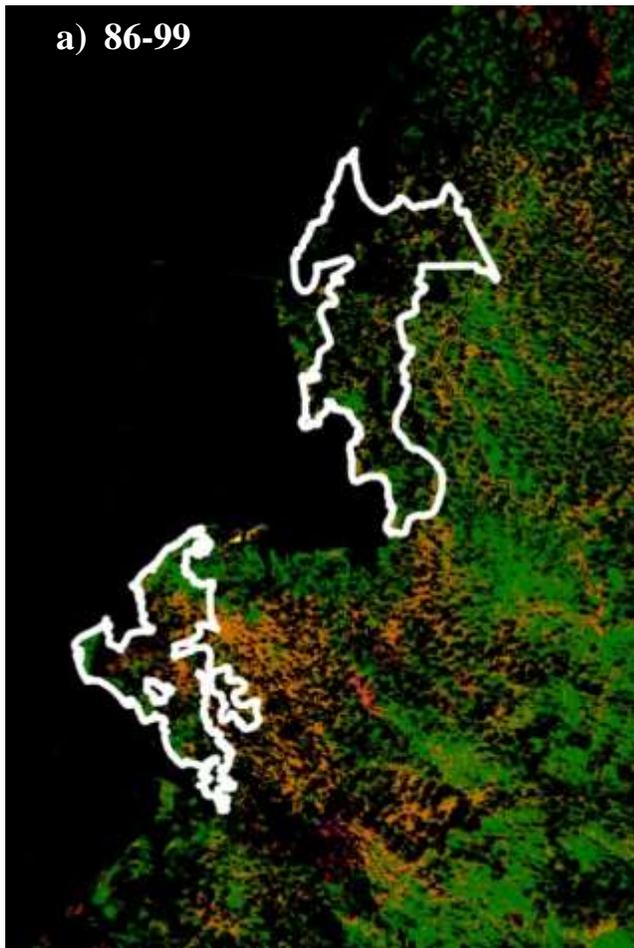


Fig. 9 Cambio de cubierta vegetal en (a) 1986-1999 y (b) 1999-2011 en la región de Tumaco, con base en datos Landsat.



Legend

-  No data
-  Intact forest in both time points
-  Secondary forest
-  Intact forest deforested over time period
-  Secondary forest deforested over time period
-  Non forest in both time points

VIII. Fuentes de Incertidumbre

La clasificación de imágenes es la metodología clave utilizada para detectar cambios en la cubierta vegetal asociados con la deforestación y degradación en el área bajo estudio. Todos los métodos de clasificación se basan en metodologías del estado del arte y tienen pruebas internas de exactitud y precisión. En el proceso de detectar cambios, eliminamos todos los cambios potenciales que podrían tener grandes errores o bajos intervalos de confianza. La fuente clave de errores en nuestro análisis se debe a la nubosidad extensa en la Costa Pacífica colombiana. Sin embargo, como resultados reportados con base en la tasa de cambio y agregados sobre cada sitio de proyecto, esperamos que los estimados generales sean representativos de los cambios en la cubierta forestal en la región. Cualquier sesgo potencial podría deberse a una subestimación del cambio en la cubierta forestal por nubes que bloqueen el área de los bosques cambiados en el pasado. Sin embargo, en general hay varias fuentes de incertidumbre en los resultados que pueden mejorarse fácilmente con la adquisición de nuevos conjuntos de datos. Estas incluyen:

1. Nubosidad en los datos Landsat. Las nubes bloquearán la clasificación de un porcentaje de cubierta vegetal y el porcentaje de cambio promedio podría ser una subestimación en áreas de gran nubosidad. Sin embargo, como la tasa se ha calculado sobre áreas que están libres de nubes y no sobre todo el área del proyecto, el porcentaje promedio de cambio representa relativamente los polígonos del proyecto de BioREDD.
2. La clasificación general de la cubierta vegetal como parte del entregable 6 ofrece el estimado más actualizado de la cubierta forestal para la región. La cubierta vegetal se basa en imágenes de radar y por tanto la nubosidad no tiene impacto alguno. Aunque hay errores respecto a la precisión de la clasificación de las imágenes de radar, el área total de las regiones BioREDD deforestadas y degradadas hasta el año 2010 no tiene ningún sesgo específico y, al agregarse con los análisis de las series de tiempo Landsat, nos permitirá tener un estimado más realista del área deforestada y la tasa de cambio.
3. La deforestación en la región es a menudo a baja escala y no incluye grandes áreas de talas masivas. La mayoría de las áreas usadas como pastizales y cultivos en la costa son pequeñas y pueden incluir apenas algunos píxeles del tamaño de Landsat. La mayoría de estos cambios ocurren a lo largo de los ríos y se mezclan con áreas que tienen naturalmente baja vegetación en las riberas. La deforestación por las vías también es baja y no cubre grandes áreas, y aunque es detectable por Landsat y, hasta cierto punto, por radar, puede haber errores asociados con la cuantificación de la extensión de la deforestación. Existen posibilidades de mezclar las áreas deforestadas con las regiones degradadas. Podríamos mejorar el área y la tasa de deforestación,

revisando la disponibilidad de imágenes de alta resolución sobre el área de estudio. Si el proyecto lo permite, posiblemente compremos imágenes de muestreo de RapidEye o WorldView para mejorar la resolución y precisión de los productos.

4. Hay varias fuentes de errores en una separación precisa de los bosques degradados y secundarios o áreas bajo plantaciones de árboles. En general, en este momento no podemos separar con exactitud las áreas de degradación forestal de los bosques secundarios o cualquier plantación de árboles en las imágenes Landsat. Esto se debe principalmente a la confusión espectral en la separación de las clases de uso de tierra y la falta de datos multi-temporales y libres de nubes para clasificar los bosques a partir de cambios temporales. Esperamos mejorar estos errores después de observaciones en campo y adquisiciones futuras de datos satelitales libres de nubes.
5. Otras fuentes de error en la clasificación de la cubierta vegetal y la detección de cambios podrían deberse a los efectos de la topografía, el tamaño de píxeles, y vegetación desconocida en la costa que podrían causar confusión entre la vegetación natural de baja densidad y áreas deforestadas o degradadas.

IX. Conclusiones

A partir de una combinación de ambos análisis, queda claro que hay un nivel significativo de deforestación en los cuatro núcleos de BioREDD+. Hay una variación significativa en la tasa de deforestación entre regiones, pero en general se encuentra entre el 0.1 % y 2 % al año, dependiendo del área y el método de comparación. La tasa PALSAR es la más confiable, pues este análisis no se vio impactado por la nubosidad, y la vegetación en pantanos podía diferenciarse con más confianza de los terrenos degradados o deforestados. Sin embargo, desde una perspectiva larga, los datos Landsat ofrecen un estimado razonable de las tendencias. El análisis de Landsat sugiere que la tasa de deforestación se ha incrementado en los dos períodos comparados, es decir que en la mayoría de la región la tasa detectada entre 1999 y 2011 era superior a la detectada entre 1986 y 1999.

La tasa de creación de nuevos bosques degradados (la “tasa de degradación”) pudo estimarse a partir de los datos ALOS PALSAR para 2007-2010; en general es superior a la tasa de deforestación. Sin embargo, debe subrayarse que esto subestima el impacto de la degradación, por dos motivos:

- 1) PALSAR no verá las etapas iniciales de la degradación, cuando apenas se hayan retirado unos pocos árboles; así, esto representa la tasa de degradación detectable, involucrando una remoción relativamente severa de biomasa.

- 2) Una tasa de degradación solo incluye el área de la tierra que constituía bosque intacto en el momento 1 y que ha sido degradada en el momento 2. Sin embargo, el bosque degradado existente seguirá perdiendo biomasa.

El área de tierra degradada en la clasificación del 2010, un poco superior a la tasa de degradación, debería usarse además de la tasa de degradación para evaluar la línea base de la degradación. Una estimación más precisa de la tasa de degradación será posible después de otros análisis futuros: la campaña LiDAR ofrecerá una foto de la extensión real del bosque degradado y sus inventarios de biomasa a distintos niveles de degradación. Para abordar el problema (2) en este momento, debería asumirse, dada la historia conocida del uso de tierras en esta región, que habrá una reducción neta continua de biomasa en el área total de los bosques degradados reportados en el análisis PALSAR – y aunque parte de este bosque volverá a crecer, el cambio neto probablemente será negativo.